

О Т З Ы В

официального оппонента на диссертационную работу Ефремова Ивана Андреевича «Математическое и методическое обеспечение САПР устройств приема и обработки радиосигналов на основе программно-контролируемого радио», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.12 - «Системы автоматизации проектирования (промышленность)»

1. Актуальность работы

В последние годы в развитии систем связи наблюдается явная тенденция к широкому использованию радиоприемных устройств (РПУ) на основе программно-контролируемого радио (ПКР). Данные архитектуры позволяют выполнять прием и обработку радиосигналов с различными видами модуляции и методами цифрового кодирования. Для обеспечения необходимого качества обработки сигналов (минимальные уровни вносимых шумов, интермодуляционных искажений, широкий динамический диапазон и пр.) в данных РПУ применяются реконфигурируемые тракты фильтрации, обработки сигналов промежуточной частоты (ПЧ) и цифровой обработки сигналов (ЦОС). Проектирование и тестирование таких систем – сложный процесс, требующий от разработчика значительных усилий, поэтому развитие моделей и методов автоматизированного проектирования данного класса устройств является актуальной задачей.

Диссертационная работа Ефремова И. А. посвящена проблеме проектирования ПКР-приемников. Основное внимание уделяется разработке и анализу моделей трактов фильтрации, преобразования частоты и ЦОС, разработке маршрута и методик проектирования РПУ. Также рассмотрены модели и методики автоматизированного тестирования ПКР-приемников.

2. Общая характеристика работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав основного текста, списка сокращений, списка использованных источников и приложения. Общий объем работы 165 страницы, 27 таблиц, 85 рисунков. Библиография включает 151 наименование.

Во введении (стр.4-10) обоснована актуальность решаемой проблемы, сформулированы цели и задачи исследования, научная новизна и практическая ценность полученных результатов, приведены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе (стр.11-38) соискателем проведен анализ современных видов цифровой модуляции, на основании которого сделан вывод о необходимости разработки реконфигурируемых блоков ПКР-устройств. Проведен анализ базовых компонентов, технологий их производства, а также архитектур построения современных ПКР-приемников. Выполнен обзор систем автоматизированного проектирования (САПР) и дана сравнительная оценка их возможностей, по результатам которой в качестве платформы для развития математического и методического обеспечений выбрана САПР ADS. Проведенное исследование позволило определить цель и сформулировать задачи работы.

Вторая глава (стр.39-76) посвящена разработке математического обеспечения проектирования РПУ на основе ПКР-архитектур. Предложены модели трактов преселектора (с использованием рекоформируемых фильтров на основе МЭМС структур), МШУ, трактов преобразования частоты (с возможностью оценки влияния фазовых шумов гетеродинов на информационный сигнал), фильтра ПЧ (с использованием реконформируемых структур на основе МЭМС, Gm-C и ОУ) и блока цифровой обработки сигналов. Разработаны смешанные модели для анализа аналого-цифровых проектов, которые позволяют учитывать влияние шумов аналогового тракта в нелинейном режиме на результаты ЦОС. Разработано математическое обеспечение для автоматизации экспериментального тестирования ПКР-приемников при помощи САПР ADS.

В третьей главе (стр.77-120) предложено методическое обеспечение автоматизированного проектирования ПКР-приемника и выполнена проверка разработанного математического обеспечения. Предложены маршрут и методики проектирования ПКР-приемника и его трактов. Методики позволяют выбрать структуры и характеристики трактов ПКР, определить их достоинства и недостатки, компоненты разработанной библиотеки для проведения анализа, требуемые характеристики и необходимые для их получения методы анализа. Разработано методическое обеспечение экспериментального тестирования ПКР-приемников.

В четвертой главе (стр.121-142) описывается применение разработанного обеспечения при проектировании ПКР-устройства, для которого выполнено построение и моделирование аналоговых трактов преселектора, первой и второй ПЧ, а также моделирование всего тракта преобразования частоты со смесителями. Для блока ЦОС была использована модель тракта с высокой ПЧ, при помощи которой проведено смешанное моделирование всех трактов РПУ. При выполнении экспериментального тестирования разработанного РПУ была использована предложенная методика, основанная на применении САПР для формирования и анализа радиочастотных сигналов при помощи аппаратуры фирмы Agilent.

3. Научная новизна исследований и полученных результатов

При решении поставленных в работе задач автором были получены следующие новые научные результаты:

1. Предложено оригинальное математическое обеспечение САПР ADS в виде библиотеки моделей архитектур ПКР-приемников и их компонентов;
2. Разработано специализированное методическое обеспечение САПР в виде маршрута проектирования ПКР-приемников;
3. Доказана перспективность применения разработанной методики и моделей автоматизированного тестирования ПКР-приемников при помощи САПР ADS;
4. Введено понятие сквозного моделирования аналого-цифровых трактов РПУ цифровых сигналов, на основании которого предложены методики формирования моделей компонент, определяющие выбор необходимых параметров сигналов и методов анализа.

4. Практическая ценность работы

Практическая значимость работы заключается в том, что на основе предложенных моделей создана библиотека, использование которой в совокупности с предложенными маршрутом и методиками позволяет повысить качество оценки параметров ПКР-приемников в процессе их проектирования.

5. Степень обоснованности и достоверности защищаемых положений

5.1. *Методы исследований.* При решении поставленных в диссертации задач корректно использованы методы теории САПР, теории электрических цепей и радиотехнических сигналов, теории цифровой обработки сигналов и методы функционального и схемотехнического моделирования.

5.2. *Апробация работы.* Основные положения и результаты работы докладывались и обсуждались на 11 научно-технических конференциях различного уровня.

5.3. *Публикации.* Основные положения диссертации отражены в 16 публикациях, в том числе в пяти статьях, опубликованных в научных журналах из перечня ВАК.

5.4. *Достоверность* защищаемых результатов подтверждается работоспособностью моделей и маршрутов, что доказано успешно выполненным проектированием широкополосного РПУ, результаты которого отражены в четвертой главе рукописи и актами внедрения результатов диссертации.

6. Замечания по содержанию и оформлению работы

В диссертации не везде приводятся подробные рекомендации к выбору параметров методов анализа в зависимости от типа проектируемого РПУ и исследуемых характеристик его трактов. Такая информация позволила бы повысить эффективность работы пользователя САПР, слабо владеющего специализированными знаниями в области методов моделирования линейных и нелинейных устройств.

Несмотря на обширность проведенных автором исследований и разработок для архитектур с нулевой и высокой ПЧ, не была затронута широко применяемая архитектура с низкой ПЧ. Наличие моделей для проектирования данных типов РПУ расширила бы сферу применения разработанных видов обеспечения САПР.

В работе не раскрыта методика получения значений фазовых шумов, которые используются при формировании модели синтезатора частоты при различных отстройках.

В работе представлены схемы больших проектов САПР ADS, которые в печатном виде трудно читаются. Возможно, стоило разделить их на несколько мелких схем.

Указанные замечания не затрагивают основных научных положений диссертации и не снижают общей положительной оценки работы, выполненной на достаточно высоком уровне.

7. Заключение

Несмотря на указанные недостатки, в целом, диссертация Ефремова И. А. является законченной научной квалификационной работой, в которой содержится решение различных задач автоматизированного проектирования РПУ.

Работа имеет с одной стороны практическую направленность (разработана библиотека моделей и маршрут проектирования), а с другой - несомненную научную

новизну. Основные положения и выводы, сформулированные в работе, обоснованы, исследованы на практике, отражены в научных публикациях.

Работа соответствует заявленной специальности. Автореферат отражает основное содержание диссертационной работы.

На основании изложенного считаю, что диссертационная работа соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Ефремов И. А., заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.12 - «Системы автоматизации проектирования (промышленность)».

Официальный оппонент:
профессор кафедры
«Радиоэлектронные устройства и системы»
ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный
технический университет»,
д.т.н., профессор

Пастернак Юрий Геннадьевич



УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
СОВЕТА ВГТУ

А.В. МАНДРЫКИН